Zur Richtungsbestimmung der ersten Furche des Eies.

INAUGURAL-DISSERTATION

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

MIT ZUSTIMMUNG

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

am 27. April 1897

NEBST DEN ANGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH VERTHEIDIGEN WIRD

DER VERFASSER

Leonor Michaelis

aus Berlin.

OPPONENTEN:

Hr. Dr. phil. Carl Oppenheimer.
- Dd. phil. Richard Hennig, Assistent a. meteorolog. Institut.
- Dd. med. Gustav Muskat.

BERLIN.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstrasse 158.

Meinen Eltern.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535723_0170

W. Roux führte zum ersten Mal an Froscheiern die „localisierte Befruchtung“ aus, um festzustellen, ob die Richtung, in welcher der Samenkörper in den Dotter eindringt, einen Einfluss auf die Richtung der ersten Furche habe. Er wiederholte diese Versuche drei Frühjahre hindurch und kam zu dem Resultat, dass die erste Furche durch die Eintrittsstelle des Samenfadens gehe. Um seine Resultate zu controllieren, machte er auch Schnitte durch befruchtete Froscheier. Der Samenfaden hat nämlich beim Frosch die Eigentümlichkeit, eine Pigmentstrasse im Ei hinter sich her zu ziehen, so dass man noch am getöteten Ei erkennen kann, welchen Weg der Samenfaden im Dotter eingeschlagen hat. Roux sah, dass die Bahn des Samenfadens geknickt ist. Um nun die durch die Experimente gewonnenen Ergebnisse in Einklang mit diesem Befund zu bringen, nahm er an, dass normaler Weise die ganze Bahn des Samenfadens in einer Ebene läge, und dass diese die Richtung der Furche bestimme, dass aber allerdings Abweichungen von diesem Verlauf vorkämen, welche

man nicht geradezu als pathologisch bezeichnen könne, weil sie schon durch geringfügige Zwangslagen des Eies hervorgebracht werden könnten. Er unterschied an der Bahn des Samenfadens die „Penetrationsrichtung“ und die „Copulationsrichtung“. In solchen abweichenden Fällen glaubte er nun, dass nur die Copulationsrichtung die Richtung der Furche bestimme, mitunter sogar nur ihr letzter Abschnitt.

O. Hertwig nimmt im Gegensatz hierzu an, dass der Samenfaden überhaupt keinen Einfluss auf die Richtung der Furche habe, dass diese allein durch die Verteilung des Protoplasma im Ei bestimmt werde.

Exacte Angaben sind über diese wichtige Frage erst wenig gemacht worden; Rückert (Anat. Anz. VI) äussert sich bezüglich des Selachiereies: „Wir dürfen .... annehmen, dass die Richtung der ersten Furchungsteilung schon von vorne herein durch die Stellung der Spermatocentren am Spermakern gegeben sei, dass mit anderen Worten der Samenkern die Richtung der ersten Furchungsteilung bestimmt, während der Eikern sich dieser Richtung accommodiert, an welcher Stelle der Eioberfläche auch er seine Entstehung aus der zweiten Richtungsspindel genommen hat“.

Nach Kostanecki und Wierzejski (Archiv für mikr. Anat. 1896), „geht die Einschnürungsebene

bei Physa durch die Stelle, an der der Zwischenkörper nach Ausstossung des ersten Richtungskörperchens lag", und wird das Verhalten hier offenbar dadurch bedingt, dass hier der Eikern an der Oberfläche an der ursprünglichen Stelle liegen geblieben ist, während der Spermakern zu ihm hinauf gerückt ist. Die anfängliche Lage der Spermastrahlung hat hier keinen Einfluss.

Nach O. Hertwig geht beim Ei von Ascaris nigrovenosa, welches länglich ist, die Furche stets so durch das Ei, dass sie die Längsachse halbiert, unabhängig davon, wo der Samenkörper eingetreten ist.

Nach Wilson (Journal of Morphology X, 1895), ist die Richtung der Furche beim Ei von Toxopneustes variegatus unabhängig von der Bahn des Spermatozoon und allein durch eine excentrische Lage des Furchungskernes bestimmt.

Da dieser Streit noch lange nicht entschieden ist, so scheint es angebracht, in dieser Frage einiges neue thatsächliche Material, ohne jede Speculation, vorzubringen. Ich habe deshalb die Pigmentbildungen im befruchteten Froschei studiert.

Van Bambeke, der die Pigmentstrasse des Samenfadens entdeckt hat (Mém. de l'Acad. royale de Belgique XXX, 1868), hat besonders an Kröteneiern die Pigmentverhältnisse schon genau untersucht (Mém. de l'Ac. r. d. Belg., 1876; Archives de

Biologie I, 1880; Bulletin de l'Ac. roy. de Belg., 1896), doch eignen sich diese Eier für vorliegende Frage deshalb nicht, weil wegen ihrer kolossalen Pigmentmassen von einer Richtungsbestimmung durch dieselben keine Rede sein kann. Umgekehrt, wegen zu geringen Pigmentgehaltes ist Rana esculenta ungeeignet, wie ich mich überzeugt habe, und es bleibt als geeignetstes Objekt Rana temporaria.

Ich begann die einschlägigen Untersuchungen im Frühjahr 1896, nachdem ich mich im vorhergehenden Frühjahr mit der etwas eigenartigen Technik der Behandlung der Amphibieneier bekannt gemacht hatte. Durch einen Zufall erhielt ich im Vorjahre nur Eier, die schon geschädigt waren und allerhand interessante pathologische Verhältnisse darboten. Ich begann deshalb in diesem Jahre die Versuche aufs Neue. Am 20. März, also noch zu Beginn der Laichzeit, erhielt ich durch die Güte des Herrn Prof. Dr. O. Hertwig reichliches Material an Froscheiern. Um mich zu vergewissern, dass die Eier nicht geschädigt waren, liess ich eine Probe von etwa 100 Eiern sich weiter entwickeln. Sie wurden zu normalen, lebenskräftigen Kaulquappen.

Von den befruchteten Eiern legte ich anfangs alle halbe, später alle viertel Stunde 10 Stück in die Fixierungsflüssigkeit. (Chromsäure 1% ig,

Sublimatlösung conc., Essigsäure 0,6% ig, alles drei zu gleichen Teilen). Sie wurden in Paraffin eingebettet und meistens in meridionaler Richtung, wenn die Furche schon eingeschnitten hatte, senkrecht zu ihr geschnitten.

Die Pigmentierung der Eier schwankt innerhalb gewisser Grenzen. Es ist eine oberflächliche Pigmentkruste vorhanden, welche nur etwa $^1/_3$ der Oberfläche des Eies frei lässt. Ausserdem ist in den meisten Fällen die Pigmentkruste auf einem beschränkten, kreisförmigen Gebiet, dessen Centrum der obere Eipol ist, etwas dünner als in der Umgebung. Sonst nimmt die Pigmentrinde nach dem unteren Pol zu allmählich an Dicke ab und verliert sich schliesslich. Ferner ist die obere Hälfte des Eies auch im Innern etwas pigmentiert, so jedoch, dass unmittelbar unter dem oberen Pol ein etwas hellerer Fleck frei bleibt, also an der Stelle, wo die Richtungsspindeln liegen.

Häufig ist der Kreis, welcher den Übergang der dünnen Pigmentrinde am oberen Pol zu der dickeren der seitlicheren Teile bildet, stärker pigmentiert und bildet einen in das Innere des Eies vorspringenden Pigmentwall. Der Durchmesser des hellen Fleckes ist $^1/_5$, höchstens $^1/_4$ mm.

Wie schon erwähnt, besteht die Eigentümlichkeit, dass der Samenfaden seine Bahn im Ei durch eine Pigmentstrasse zeichnet. Woher kommt nun

dieses Pigment? Hertwig (Morphol. Jahrb. 1877) meint, dass der Samenfaden es einfach von der Eirinde, welche er durchbohrt, mitreisst. Fick hielt dies zwar für möglich, aber für untergeordnet im Vergleich zu der Neubildung von Pigment um den Samenfaden. Die Frage ist leicht zu entscheiden. Wenn nämlich pathologischer Weise mehrere Spermatozoën eingedrungen sind, so hat trotzdem jede Pigmentstrasse ihre volle Breite; ihre Gesamtheit stellt dann oft eine so kolossale Menge von Pigment dar, wie sie das Ei vor der Befruchtung sicherlich überhaupt nicht besessen hat. Aber auch schon bei einer einzigen, normalen Pigmentstrasse ist das Pigment bisweilen so massenhaft, dass es nicht einfach von der Rinde mitgerissen sein kann.

Im übrigen ist es gar nicht wunderbar, dass beim Froschei neues Pigment gebildet wird. Es giebt dafür eine Menge von Analogieen. Ursprünglich ist nur die Rinde des Eies stärker pigmentiert. Wenn die Furche einschneidet, so bildet sich an den sich berührenden Flächen der Furchungszellen in ganz ähnlicher Weise Pigment, wie an der Eirinde. Ja diese Pigmentierung eilt dem Einschneiden der Furche sogar voraus; bisweilen reicht eine dünnere oder dickere Pigmentscheidewand von der gerade eben erst einschneidenden Furche bis tief ins Ei hinein und schreibt gewissermaassen

der Furche ihren weiteren Weg vor. Und ebenso bildet sich auch bei der weiteren Furchung, noch auf dem Blastula- und Gastrulastadium stets an der Berührungsfläche zweier sich teilender Zellen Pigment, so dass man an ungefärbten Präparaten aufs deutlichste die Zellgrenzen erkennen kann. Ferner umgiebt sich jeder Kern mit einem Pigmentmantel.

Dann sind im allerersten Stadium der Gastrulation die sich einstülpenden Zellen nach der Seite, auf welcher sie den gerade entstehenden, noch spaltförmigen Urdarm begrenzen, durch eine plötzliche Neubildung von Pigment ganz dunkel, sodass man den Beginn der Einstülpung am leichtesten durch diesen einwärts gerichteten Pigmentstrich erkennt. Nach Schwink (Die Entwickelung des mittleren Keimblattes bei den Amphibien) tritt bei Triton alpestris überall da, wo Zellwucherungen stattfinden, eine Vermehrung des Pigmentes ein, so bei der Entstehung des mittleren Keimblattes aus dem inneren an der Übergangs-, also Wucherungszone.

Van Bambeke (Bull. de l'Acad. royale de Belgique, 1876) hat ferner eine keulenförmige Pigmentfigur (figure claviforme) im Innern des reifen, unbefruchteten Kröteneies nachgewiesen, welche sich vom oberen Pol bis nicht ganz in die Eimitte erstreckt — wie etwa die Latebra am

Hühnerei. Die Auftreibung dieser Figur am centralen Ende deutet die ursprüngliche Lage des Keimbläschens an, der Stiel der Keule bezeichnet den Weg, welchen das Keimbläschen bis an den oberen Pol zurücklegt, um sich hier in die erste Richtungsspindel zu verwandeln. Nicht selten ist diese Keulenfigur auch am Froschei zu sehen. Dieses Pigment kann gar nicht von der Rinde mitgerissen sein, denn der Eikern bewegt sich ja nach der Rinde hin.

Genug also, bei sehr vielen Bewegungs- und Wucherungsprocessen spielt das Pigment beim Amphibienei — und wohl nicht nur bei diesem — eine grosse, von uns in ihrer Bedeutung noch nicht gekannte Rolle; weshalb sollte da nicht auch um den eindringenden Samenfaden sich neues Pigment bilden können?

I. Die Eintrittsstelle des Samenfadens.

Die Eintrittsstelle des Spermatozoon in das Ei entspricht dem Anfang der Pigmentstrasse. Diese liegt nun in den allermeisten Fällen, normaler Weise wohl immer, ganz dicht am oberen Pol. Ein einziges Mal habe ich eine Pigmentstrasse von der Gegend des Äquators ausgehen sehen, und zwar an einem sicherlich geschädigten Ei, denn bei den andern Eiern desselben Weibchens zeigten sich schon mannigfache andere pathologische Entwicklungsverhältnisse. Diese Constanz der Spermeneintrittsstelle beim Frosch ist um so auffallender, als sie bei den Urodelen durchaus nicht vorhanden ist, wie van Bambeke (Bull. de l'Acad. royale de Belg. 1868) am Ei von Triton alpestris und anderen Urodelen, Rud. Fick (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 1893) am Axolotlei und ich (Archiv für mikrosk. Anat. 1896) am Tritonei beobachtet haben.

Die Eintrittsstelle des Samenfadens lässt sich aber beim Froschei noch genauer präcisieren; sie liegt nämlich fast genau auf einem Punkte des eben beschriebenen ringförmigen Pig-

mentwalles, welcher den hellen Fleck unter dem oberen Pol umgiebt.

Der Pigmentwall, welcher an äquatorial geführten Schnitten als ein Ring erscheint, ist an Meridionalschnitten nur an zwei Punkten zu sehen, welche je einen kleinen Zapfen darstellen, der in das Innere des Eies sieht. An befruchteten Eiern ist die Pigmentstrasse des Samenfadens, an günstig getroffenen Schnitten gesehen, einfach eine Verdickung und Verlängerung des einen dieser beiden Zapfen.

Auf diese Weise ist es leicht festzustellen, in welcher Entfernung vom oberen Pol der Samenfaden gewöhnlich eindringt. Der Durchmesser des hellen Fleckes ist, nach oben angegebener Messung, etwa 0,1 mm. Der Radius des Froscheies (ebenfalls an gehärteten Präparaten gemessen) ist ungefähr 0,8 mm zu rechnen, also der Meridian 2,5 mm. Die Sameneintrittsstelle teilt also den Meridian im Verhältnis von 1 : 24. Oder mit anderen Worten, der Samenfaden tritt so dicht am oberen Pol ein, dass, wenn er selbst auf die Richtung der ersten Furche einen Einfluss hätte, man es kaum nachweisen könnte. Zum mindesten aber zeigt dies Verhalten, dass die Experimente von Roux nicht sehr beweiskräftig sind, bei denen er längs eines Meridians die Gallerthülle aufschnitt und in den Spalt die Samenflüssigkeit brachte.

Ist doch der Umfang des Kreises, in dessen Gebiet der Samenfaden normalerweise — und darauf legt Roux ja besonderen Wert — eindringt, nur 0,6 mm! Innerhalb eines so kleinen Gebietes mit der doch immerhin ziemlich groben Methode Roux's noch zu localisieren, ist wohl nicht ausführbar.

Es ist durchaus Regel beim Frosch, dass nur ein einziges Spermatozoon eindringt. Darin besteht ein eigenartiger Unterschied gegen die Urodelen, bei denen nach van Bambeke und Rud. Fick Polyspermie die Regel ist, was ich selber bestätigen konnte.

Die Monospermie ist nur bei wirklich ungeschädigten Eiern Gesetz und erleidet sofort Ausnahmen, wenn die Frösche zu lange in der Gefangenschaft gehalten wurden, oder die Eier zu lange Zeit nach der Eröffnung der Bauchhöhle befruchtet wurden, oder wenn sie bei der künstlichen Befruchtung eine mechanische Schädigung erlitten haben. Von allen Eiern, welche ich in diesem Jahre untersuchte, ist keines, bei dem zwei Pigmentstrassen vorhanden wären; im vorigen Jahre fand ich solche sehr häufig.

II. Die Pigmentstrasse.

Eine halbe Stunde nach der Besamung findet man schon — aber nicht immer — eine deutliche Verdickung der corticalen Pigmentzone; nach 40 Minuten sah ich einmal schon eine ausgesprochene Pigmentstrahlung um den Samenkörper, welcher immer der Pigmentstrasse voranschreitet, also nicht allseitig von ihr umgeben ist.

Diese Pigmentstrahlung ist der Ausdruck der Attractionssphäre, welche sich inzwischen um das Mittelstück des Spermatozoon (Fick) entwickelt hat. Sie war schon van Bambeke 1868 bekannt, also zu einer Zeit, wo man die protoplasmatischen Strahlungen im befruchteten Ei noch gar nicht kannte. Nach seinen und Ficks Abbildungen ist bei den stärker pigmentierten Urodeleneiern, aber auch beim Krötenei die Pigmentstrahlung noch weit schärfer als beim Froschei.

$1^1/_2$—$1^3/_4$ Stunden nach der Besamung ist die Pigmentstrasse völlig entwickelt. Ihre Form ist eine fast völlig constante. Sie läuft erst in gerader Linie ungefähr in der Richtung des Eiradius etwa um die halbe Radiuslänge in das Ei

hinein und biegt dann mit einem ganz scharfen Knick fast genau rechtwinklig um. Das Ende dieses umgebogenen Stückes, wenn letzteres eine gewisse Länge erreicht hat, ist immer stark aufgelockert in Bezug auf die Pigmentverteilung. Die Lücken, welche das Pigment hier lässt, werden nicht von Dotterplättchen ausgefüllt, sondern nur von Protoplasma.

Auch Roux hat zwei Schenkel an der Pigmentstrasse unterschieden, die „Penetrationsbahn“ und die „Copulationsbahn“, doch zeichnet er den Knick zwischen beiden viel sanfter, als ich es gesehen habe. Fick, welcher den charakteristischen, ganz scharfen Knick auch beim Axolotl beobachtet hat, meint infolge dessen, es würde hier ein Unterschied zwischen Urodelen und Batrachiern bestehen. Das ist aber nicht der Fall.

Aber ein anderer Unterschied ist vorhanden; die Pigmentstrasse ist nämlich beim Axolotl ⊥-förmig, d. h. nachdem der Samenfaden die erste Knickung in seiner Bahn gemacht hat, bleibt er plötzlich stehen und geht dann rückwärts weiter, das Mittelstück voran. Beim Frosch habe ich nur L-förmige Pigmentstrassen gesehen.

Am Ende des zweiten Schenkels, an jener aufgelockerten Partie der Pigmentstrasse, haben wir also den Samenkern und das Centrum der Attractionssphäre (Centrosoma?) zu suchen. Das Merk-

würdige ist nun, dass der Samenkern vom Knick der Pigmentstrasse bis zu ihrem Ende, unbekümmert um den nahenden Eikern, seinen geraden Verlauf beibehält. Schliesslich aber wird die Pigmentstrasse an ihrem Ende immer mehr aufgelockert, und wenn die Vorkerne copulieren, so sind sie so gut wie gar nicht mehr in Zusammenhang mit der Pigmentstrasse. Die wirkliche Copulationsrichtung wird uns also garnicht durch die Pigmentstrasse angezeigt.

Roux hat den zweiten Schenkel der Pigmentstrasse Copulationsbahn genannt, weil er meinte, dass die Richtung, in der die Vorkerne copulierten, von der Richtung des zweiten Schenkels vorgeschrieben werde. Da nun die Furchungsspindel mit ihrer Längsachse senkrecht auf der Copulationsrichtung steht und die Richtung der Furche wiederum senkrecht auf der der Spindelachse. so müsste nach der Annahme von Roux der zweite Schenkel der Pigmentstrasse durch die erste Furche der Länge nach halbiert werden. Wie es damit steht, will ich im folgenden zeigen.

III. Das Verhalten der Pigmentstrasse beim Einschneiden der Furche.

A priori sind drei Fälle denkbar bezüglich der Richtungsbeziehungen von Pigmentstrasse und Furche:

1. Beide Schenkel der Pigmentstrasse fallen in die Ebene der Furche.

Dann müsste die Pigmentstrasse ihrer ganzen Länge nach von der Furche gespalten werden und in jeder der beiden Teilzellen eine Hälfte von ihr liegen.

2. Nur der zweite Schenkel der Pigmentstrasse fällt in die Richtung der Furche.

Dann läge der erste Schenkel der Pigmentstrasse ganz in einer der beiden Teilzellen, und zwar müsste er von seiner Anfangsstelle an der Peripherie des Eies bis an die Zellscheidewand verlaufen, um in den der Länge nach halbierten, auf beide Zellen verteilten zweiten Schenkel überzugehen.

3. Keiner von beiden Schenkeln fällt in die Furchungsebene.

Dann müsste der erste Schenkel in einer Zelle

liegen, der zweite die Zellscheidewand kreuzen oder ebenfalls ganz in einer Zelle liegen.

Allein ganz so einfach ist die Untersuchung doch nicht. Das liegt daran, dass sich während der Zweiteilung eine neue Pigmentfigur bildet, welche das Bild compliciert. Es spannt sich nämlich zwischen den beiden Kernen des zweigeteilten Eies eine Pigmentbrücke aus, welche die Form einer Klammer hat. Sie wurde schon 1877 von O. Hertwig (Morphol. Jahrb. 1877) gesehen und neuerdings von van Bambeke näher untersucht (Bull. de l'Ac. roy. de Belg. 1896) am Krötenei. Sie entsteht hier dadurch, dass die sogenannte subcorticale Pigmentzone das Bestreben hat, die beiden sich trennenden Kerne zu umklammern. Unterhalb dieser Klammer ist ausserdem eine direkte Pigmentbrücke zwischen beiden Kernen. Auch beim Frosch ist öfters eine doppelte Pigmentverbindung zwischen den beiden Kernen vorhanden, aber andere Male nur eine einfache Klammerfigur.

Ausserdem bietet sich der Untersuchung die Schwierigkeit, dass der zweite Schenkel der Pigmentstrasse, der schon vorher an seinem Ende aufgelockert war, beim Einschneiden der Furche nur in den seltensten Fällen noch zu sehen ist. Der erste Schenkel ist immer noch auf diesem Stadium vorhanden, wenn auch nicht immer mehr

als eine ganz gerade gestreckte Linie, wie zu Anfang, sondern oft etwas S-förmig gebogen oder sonst in ihrer Form ein wenig entstellt.

In drei Fällen sah ich aber doch noch beide Schenkel. Alle entsprachen der (s. oben) dritten Möglichkeit. Der erste Schenkel lag ganz in der einen Teilzelle, der zweite kreuzte die Kernklammer, lag aber auch allemal ganz in der einen Teilzelle. Er bildete zweimal einen spitzen (etwa halben rechten) Winkel mit der Zellscheidewand, einmal lief er ihr nahezu parallel. In allen anderen Fällen war nur noch der erste Schenkel der Pigmentstrasse zu erkennen. Das Bild musste sich also folgendermassen gestalten:

Im ersten Falle müsste der erhaltene Schenkel der Länge nach halbiert sein, im zweiten Fall müsste er an der Zellscheidewand enden und im dritten Falle müsste er frei in die eine Teilzelle hineinsehen.

Unter meinem Material fand ich 9 Eier, an denen der erste Schenkel der Pigmentstrasse noch als eine scharfe Bildung vorhanden war. Davon ragte er

dreimal von der Peripherie des Eies in die eine Teilzelle und endete dort ziemlich plötzlich, ohne eine Beziehung zu den anderen Pigmentgebilden;

viermal erstreckte er sich bis in die Nähe des

einen Kernes, mit anderen Worten bis an das eine Ende der Kernklammer;

zweimal verlief er ebenfalls bis an die Kernklammer, aber nicht an ihr Ende, sondern mitten auf sie zu.

Alle diese 9 Fälle entsprechen der dritten Möglichkeit, das heisst: **Keiner von beiden Schenkeln fällt in die Furchungsebene.**

Einmal unter diesen 9 Fällen ging die Furche durch die Sameneintrittsstelle oder wenigstens sehr dicht an ihr vorbei; die Pigmentstrasse ging da nicht von der Peripherie des Eies aus, sondern sie war in die Tiefe der Furche verlagert und ragte von hier ganz schräg in die eine Teilzelle hinein, um frei zu endigen.

Wenn nun also das Spermatozoon keinen Einfluss auf die Richtungsbestimmung der Furche hat, so muss letztere im Bau des Eies selber begründet sein, wie es von O. Hertwig näher ausgeführt worden ist.

Speziell für das Froschei hat nun O. Schultze (Zur ersten Entwicklung des braunen Grasfrosches, Gratulationsschr. zu Koellikers 70. Geburtst. 1887) angegeben, dass es im Wasser so schwimme, dass

seine Achse mit dem Horizont einen Winkel (bis 45°) bilde[1]). Das lässt auf eine ungleiche Verteilung der Substanzen in seinem Innern schliessen. Da nun bekanntermassen die erste Furche stets genau senkrecht steht[2]), so folgt daraus, dass die Furche durch eine Ebene geht, welche 1. durch den Eipol, 2. durch den höchsten Punkt (oder den tiefsten Punkt, oder den höchsten Punkt des Pigmentrandes) geht.

Nun fragt es sich, wodurch wiederum dieser Schiefstand hervorgerufen wird. Um dieser Frage näher zu kommen, möchte ich eine Stelle aus der Arbeit von Wilson und Matthews, („Maturation, Fertilization and Polarity in the Echinoderm Egg". Journal of Morph. X. 1895) citieren. Wilson sagt:

„The spermatozoon may enter at any point with reference to this (sc. the egg-)axis. The paths of the pronuclei vary extremely to the point, at which the sperm enters. The entrance-path of the sperm is nearly, throughout never quite, radial, and the

[1]) Roux hält diese Schiefstellung möglicherweise für scheinbar, bedingt durch eine „Aufhellung in Form eines halbmondförmigen, grauen Saumes auf der der Befruchtungsseite gegenüberliegenden Seite der schwarzen Hemisphäre".

[2]) Nach Pflüger (Pflügers Archiv 1882, 1883, 1884), selbst wenn das Ei eine schiefe Zwangslage hat. Pflüger unterscheidet die primäre Achse, (die ich auch „Pigmentachse" nennen könnte), und die sekundäre, Furchungsachse.

copulation-path forms but a slight angle with it. .... *The meeting-point of the pronuclei is without constant relation to the egg-axis*, or the original position of the egg-nucleus. *It is seldom at the actual center of the egg. The excentricity persists on the same side in the 2-celled and 4-celled stages*, and the later history of the egg shows, that the micromeres of the 16-celled stage are formed at that pole of the egg opposite (= benachbart) to the excentric segmentation-nucleus."

Die Richtung der ersten Furche wird hier also bedingt durch eine excentrische Lage des Furchungskernes im Ei.

Nun steht die Achse des Froscheies nach O. Schulze schief, und bekanntlich nehmen nur befruchtete Eier im Wasser eine prompte und scharfe stabile Gleichgewichtslage ein, in die sie nach Bewegungen immer wieder zurückkehren. Mit der Befruchtung hat also die prompte, schiefe Einstellung sicherlich etwas zu thun. Sollte es nun nicht hier auch eine **excentrische** (d. h. hier ausserhalb der Eiachse gelegene) Einstellung des Furchungskernes sein, welche diese Einstellung der Eiachse hervorruft? Wenn aber der Furchungskern excentrisch oder besser exaxial liegt, so ist es auch der Schwerpunkt des Protoplasma; denn dieses ist zur Zeit, wenn der Furchungskern sich ausgebildet hat, zum grössten Teil

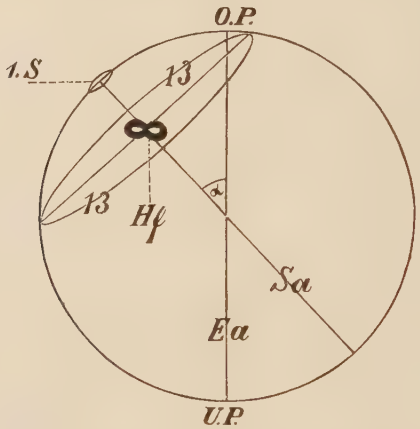
radiär in Form der Attraktionssphäre angeordnet, deren Centrum ganz in der Nähe des Furchungskernes liegt. Es würde wegen seiner Leichtigkeit den höchsten Punkt im Ei einnehmen.

Nimmt man die exaxiale Lage des Furchungskernes an, so wäre damit eine Asymmetrie des Eies hergestellt, welche späterhin für die Richtungsbestimmung am Embryo wichtig werden muss. Auf dem zweizelligen Stadium sind die beiden Furchungszellen ganz symmetrisch; jede besteht aus einer — ich nenne sie „vorderen“ — pigmentreicheren und einer „hinteren“ pigmentärmeren Hälfte. Man müsste nun erwarten, dass die zweite Furche schief zur Eiachse steht. Da sie nun genau lotrecht, die Eiachse aber schief steht, so ist das in der That der Fall. Auf dem vierzelligen Stadium haben wir zwei „vordere“ pigmentreichere, und zwei „hintere“ pigmentärmere Zellen. Doch würde es vom Thema zuweit abführen, wollte ich hieraus weitere Consequenzen ziehen.

Es handelt sich jetzt jedoch noch darum, die exaxiale Lage des Furchungskernes wirklich nachzuweisen. Statt des beim Frosch schwer zu findenden Furchungskernes suchen wir lieber die von O. Hertwig beschriebene Hantelfigur, welche uns auch ohne Färbung die Lage der Furchungsspindel verrät.

Ich fand die Hantelfigur in einer Serie, welche

nicht ganz genau parallel dem Äquator geschnitten war. Wäre nämlich letzteres der Fall gewesen, so hätte kein Schnitt vorhanden sein dürfen, dessen Rand zum Teil pigmentiert, zum Teil weiss war, sondern auf einer gut getroffenen Äquatorialserie



O. P.	oberer Pol.	1. S	erster Schnitt,
U. P.	unterer Pol.	13	13. Schnitt der Serie.
E a	Eiachse.		
S a	Schnittachse.	H f	Hantelfigur.

muss jeder Schnitt an seinem ganzen Rande gleichmässig pigmentiert oder unpigmentiert sein. Trifft man auf einer Serie von 25 μ dicken Schnitten einen Schnitt mit ungleicher Pigmentverteilung an, so bedeutet das, dass das obere Ende der Eiachse um 25 μ hätte gedreht werden müssen, da-

mit die Schnittebene genau senkrecht auf der Eiachse gestanden hätte.

Es sind nun in meiner Serie zwölf solcher Schnitte mit ungleicher Pigmentverteilung vorhanden, also hätte das Ende der Eiachse um 12,25 μ = 0,3 mm gedreht werden müssen. Der Radius des Eies r misst 0,85 mm, also der Bogen des Quadanten 1,3 mm; ich habe also in Wirklichkeit nicht parallel dem Äquator geschnitten, sondern in einem Winkel von 0,3/1,3 Rechten zum Äquator = ungefähr 21° (Fig. α).

Die Hantelfigur liegt nun in der Serie auf dem 13. Schnitt von oben, fast genau in der Mitte des Schnittes, also 13.25 μ = 0,3 mm vom ersten Schnitt entfernt. Wenn man also die Schnittachse (Sa) im Verhältnis von 0,85 (r) : 0,3 teilt, so ist die in diesem Punkte auf ihr senkrecht stehende Ebene der 13. Schnitt meiner Serie. Die Hantelfigur liegt nun in der Mitte dieses Schnittes, also ergiebt sich aus einer Betrachtung der nebenstehenden Figur, dass in diesem Falle die Furchungsspindel wirklich exaxial lag.

Die Ergebnisse fasse ich in folgenden Sätzen zusammen:

1. *Dem Spermatozoon und seiner Bahn kommt keinerlei Einfluss auf die Richtungsbestimmung der ersten Furche zu.*

2. *Die Furchungsebene wird allein durch die Verteilung des Protoplasma im Ei bestimmt. (Hertwigsches Gesetz.)*

3. *Am befruchteten Froschei ist die Verteilung des Protoplasma derart, dass die Eiachse schief steht.*

Die Furche geht durch den Pol und den Zenith der Eikugel. (Schulzesches Gesetz.)

4. *Die Schiefstellung der Eiachse wird durch die exaxiale Lage des Furchungskernes und somit auch des Schwerpunktes des Protoplasma im Ei hervorgerufen.*

Zum Schlusse dieser Arbeit fühle ich mich veranlasst, Herrn Prof. Dr. Oskar Hertwig für die Anregung nicht nur zu dieser Arbeit, sondern überhaupt zu embryologischen Studien meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Thesen.

I.

Für eine abgerundete anatomische Ausbildung des Arztes ist die Kenntnis der Entwicklungsgeschichte notwendig.

II.

Die Charakteristik der Tonarten ist nicht objektiv begründet, sondern entweder conventionell oder rein subjektiv.

III.

Viele Altmannschen Granula sind keine der lebenden Zelle zukommenden Formbestandtheile.

Lebenslauf.

Der Verfasser der vorliegenden Arbeit, Leonor Michaelis, wurde am 16. Januar 1875 zu Berlin als Sohn des Kaufmanns Moritz Michaelis, jüdischen Glaubens, geboren. Er erhielt seine Schulbildung im Köllnischen Gymnasium zu Berlin, welches er Ostern 1893 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Er wurde an der Universität zu Berlin immatrikuliert, legte Ostern 1895 die ärztliche Vorprüfung, Ostern 1897 das Examen medicum und rigorosum ab.

Während seiner Studienzeit besuchte Verfasser die Vorlesungen, Kurse und Kliniken folgender Herren Professoren und Docenten:

Bellermann, v. Bergmann, du Bois-Reymond (†), Fischer, Gebhardt, Gerhardt, Hertwig, Klemperer, Langerhans, Liebreich, Mendel, Olshausen, Rubner, F. E. Schulze, Schwendener, Senator, Waldeyer, Winter.

Seit seinem fünften Semester widmete er sich besonders histologischen und embryologischen Studien im zweiten anatomischen Institute unter Leitung des Herrn Prof. O. Hertwig.

Allen seinen verehrten Lehrern, insbesondere aber Herrn Prof. Dr. Oskar Hertwig, spricht der Verfasser seinen ergebensten Dank aus.